Aus der Abteilung für Kiefer- und Gesichtschirurgie
Vorstand: Professor Dr. Dr. N. Schwenzer
der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Universität Tübingen
Geschäftsführender Direktor: Professor Dr. W. Schulte

Experimentelle Untersuchungen von DEXON, chromiertem KATGUT und ETHIFLEX für den Gebrauch in der Mundchirurgie

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

dem Fachbereich Klinische Medizin
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Horst Zimmermann
aus Künzelsau

1974

75 45

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546528_0034

Aus der Abteilung für Kiefer- und Gesichtschirurgie
Vorstand: Professor Dr. Dr. N. Schwenzer
der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Universität Tübingen
Geschäftsführender Direktor: Professor Dr. W. Schulte

Experimentelle Untersuchungen von DEXON, chromiertem KATGUT und ETHIFLEX für den Gebrauch in der Mundchirurgie

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

dem Fachbereich Klinische Medizin
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Horst Zimmermann
aus Künzelsau

1974

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan: Professor Dr. U. Feine

Referent: Professor Dr. Dr. N. Schwenzer

FOTODRUCK PRÄZIS Barbara v. Spangenberg KG · Tübingen

Inhaltsverzeichnis

		Seite
I.	Problemstellung und historischer Rückblick	1
II.	Einteilung der chirurgischen Nahtmaterialien	4
III.	Forderungen an Nahtmaterialien	6
IV.	Übersicht über die untersuchten Materialien	7
V.	Eigene Untersuchungen	11
	a) Prüfung der Durchmesser	11
	b) Statistik	12
	c) Kapillarität	13
	d) Tierexperimentelle Untersuchungen	17
	e) Reissfestigkeitsuntersuchungen	20
VI.	Diskussion	34
VII.	Zusammenfassung	38
VIII.	Literaturverzeichnis	39

I. Problemstellung und historischer Rückblick

Man war in der Chirurgie immer auf der Suche nach neuen und besseren Nahtmaterialien. KATGUT war bislang das einzige brauchbare resorbierbare Nahtmaterial, das der Chirurgie zur Verfügung stand. Bei intraoralen Eingriffen wird heute meist nichtresorbierbares Nahtmaterial verwendet, das den Vorteil der sicheren Fixierung, jedoch den Nachteil der späteren Nahtentfernung hat. Manche chirurgischen Lehrbücher empfehlen für die Mundhöhle KATGUT. Seit 1968 ist ein neues resorbierbares Nahtmaterial aus Polyglycolsäure (PGS) DEXON^{R} auf dem Markt. Es soll den Berichten zufolge die Anforderungen, die an ein resorbierbares Nahtmaterial gestellt werden, in mechanischem und biologischem Verhalten besser erfüllen, als das bisher verwendete KATGUT. Es ist nun zu prüfen, wie weit das neue Nahtmaterial in der Mundhöhle, also unter Speicheleinfluß, sein Verhalten beibehält und in der Zahn-Mund- und Kieferheilkunde Anwendung finden kann.

Die geschichtliche Entwicklung des chirurgischen Nahtmaterials ist uns heute noch nicht oder auch nicht mehr bis zu ihren ersten Anfängen bekannt. Die älteste Überlieferung geht bis auf das Jahr 3ooo v. Chr. zurück. Sie kommt aus dem alten Ägypten und gibt uns die ersten Angaben über die Chirurgie, über Nahtmaterialien, sowie über das Schließen von kleinen Wunden. Die Ägypter benutzten zur Vereinigung der Wundränder Leinestreifen und auch Fäden aus tierischen Sehnen. In Indien wurden zu dieser Zeit getrocknete Tierdärme benutzt, während in China Seidefäden verwendet wurden.

Um loo v. Chr. adaptierte man in Indien die Wundränder mit Riesenameisen und Käferköpfen. Die Tiere wurden mittels einer Pinzette gefaßt und an die adaptierten Wundränder gebracht. Diese bissen sie fest aneinander und nach Abdrehen des Leibes blieben die Köpfe angeblich so lange, bis die Wunde abgeheilt war. Später wurde diese Technik in Afrika und Südamerika entdeckt und kann praktisch als Vorläufer der uns bekannten Hautklammern angesehen werden.

Die erste ausführliche Beschreibung, die über Naht und Nahtmaterial berichtet, findet man in der Ayurveda. Es ist eine alte indische Enzyklopädie des Sucrota, ungefähr 5oo v. Chr. Zu dieser Zeit sind auch einige Nahtmaterialien neu hinzugekommen, wie zum Beispiel Baumwolle, Lederstreifen und Roßhaare. Sucrota beschreibt auch sorgfältig das Vorgehen beim Nähen einer Wunde. Die Nadel soll nicht zu nahe oder zu entfernt von den Wundrändern eingestochen werden oder in die Öffnung eines Geschwürs, da die Gefahr besteht, daß im ersten Fall der Faden ausreißt und im zweiten Fall Schmerzen verursacht werden könnten.

Im 6. Jahrhundert vor Christus wurden in Griechenland Gesundheitstempel gegründet. Der berühmteste von ihnen war auf Cos, wo Hippokrates, der durch die ganzen Jahrhunderte als Vater der Heilkunst verehrt wurde, praktizierte. Es scheint interessant zu sein, daß sowohl bei Hippokrates, als auch bei seinen Nachfolgern es nur ein Wort für Wunde und Geschwür gab, woraus man schließen kann, daß eine Heilung ohne Eiterung damals nicht die Regel war.

Die Begründer der römischen Heilkunst Celsius und Galenus waren von bestimmendem Einfluß durch ihre Lehren auf Chirurgie und Heilkunde für die nächsten 15oo Jahre. Galenus machte auch eine Bemerkung über das KATGUT und schreibt: Wähle von jenen Materialien, wo du gerade lebst, jene Substanz heraus, die am wenigsten eitert, so zum Beispiel ein sehr dünner Darmfaden, welcher leicht fault und rasch von den Gefäßen fällt. Diese Vorschrift wurde überall angenommen und streng befolgt.

Im 14. - 16. Jahrhundert war eine Hochblüte des Studiums der Anatomie, denn als Grundlage dienten die Lehren und Studien von Vesalius, Fallopius und Fabricius. Diese Periode war aber nicht von irgendeinem Fortschritt in der Chirurgie begleitet. Einen großen Schritt nach vorne gab es in der Kriegschirurgie. Durch die Erfindung des Schießpulvers waren die Verletzungen häufiger und schwerer. Ambroise Paré war als Chirurg in der französischen Armee tätig. Er hatte große Erfahrung in der Behandlung von Wunden und verwarf die

konventionelle Methode der Blutstillung durch kochendes Öl. Er befürwortete die Blutstillung durch eine Naht und leistete einen bemerkenswerten Beitrag für die Amputation von brandigen Gliedern, wobei er die Gefäße durch Ligaturen unterband.

Dennoch dauerte es bis zum 18. Jahrhundert, bis die Chirurgie wieder den gebührenden Platz in der Wissenschaft und Heilkunst einnahm. 1785 führte John Hunter in England eine gewagte Operation durch. Oberhalb des Kniekehlenaneurysmas unterband er die Hauptarterie und überließ den Kollateralgefäßen die Blutversorgung der Extremität. Seine hervorragenden experimentellen Arbeiten auf dem Gebiet der Anatomie und der Gefäßpathologie verliehen ihm den Satz auf seinem Grabstein: "Der Begründer der wissenschaftlichen Chirurgie."

Die ganze Geschichte des chirurgischen Nahtmaterials wurde immer von Wundinfektionen begleitet, da die damaligen Chirurgen noch nichts über Sterilität und Asepsis wußten. Erst der Baron Joseph Lister (1827 - 1912) führte die aseptische Wundbehandlung in die Chirurgie ein. Er machte sich 1865 die Theorien von Robert Koch und Louis Pasteur zur Grundlage seiner Arbeit. Als erster demonstrierte er bei einer Operation an einem Pferd, daß Seidenligaturen durch Eintauchen in eine Carbollösung in den Geweben der geschlossenen Wunde belassen werden konnten. Später machte er Versuche mit Darmsaiten (KATGUT). nach mehreren Versuchen schrieb er: "In dieser Form scheint KATGUT bereits ein vollkommenes Material für die Ligatur zu sein, unter denen es verlangt wird". Jedoch stellte er bald fest, daß die Resorption zu schnell vor sich ging. Er versuchte seine Fäden wie Leder durch Chemikalien zu gerben und stellte nach 12jährigen Versuchen fest, daß Chromsulfat die besten Ergebnisse bei der Denaturierung von KATGUT lieferte und eine sichere Verzögerung der Resorption ergab.

Aus der geschichtlichen Studie geht hervor, daß die Methoden, die Technik und das Material, bis auf wenige Ausnahmen, uralt sind. (23.30)

II. Einteilung der chirurgischen Nahtmaterialien

Die heute verwendeten Nahtmaterialien lassen sich in drei große Gruppen einteilen (8):

1) anorganische Materialien
2) organisch nichtresorbierbare Materialien
3) organisch resorbierbare Materialien

1) Anorganische Nahtmaterialien:

Anorganische Stoffe, die in der Chirurgie als Nahtmaterial Anwendung finden, sind eigentlich nur die Metalle. Durch ihre natürliche Keimarmut wurden sie schon im Altertum benutzt. Der Vorteil der Metalle ist ihre glatte Oberfläche, und außerdem besitzen sie noch eine bakterizide Kraft, zumindest aber eine bakteriologische Wirkung. (8). Heute benutzt man in der Chirurgie neben Silber die außerordentlich gewebsfreundlichen Metalle aus korrosionsfreiem Austenitstahl V_2A oder V_4A, sowie Tantal oder Vitallium. Auf dem Markt sind Stahldraht gezwirnt und Stahldraht monofil in unterschiedlichen Stärken und Härten erhältlich. Die verschiedene Dehnbarkeit und Festigkeit wird bei der industriellen Herstellung durch verschiedene Temperaturanwendung erreicht. Ganz dünne Drähte lassen sich knüpfen, dickere Drähte müssen verdrillt werden. (6). Die Metalldrähte zeichnen sich durch eine besonders gute Gewebsverträglichkeit aus. (15a,7,6). Nach NOCKEMANN (29) löst Stahl die geringsten Gewebereaktionen aus.

Abnahme der Gewebsreaktionen von CHROMKATGUT bis Stahl nach NOCKEMANN (29) und HUDEMANN (22).

Durch die leichte Sterilisationsmöglichkeit, relativ preiswerte Herstellung und gute Gewebsverträglichkeit erhöht der rostfreie Stahl seine Verwendbarkeit für chirurgische Zwecke.

2) Organisch nichtresorbierbares Material:

Unter diese große Gruppe fallen die meisten der früher und heute verwendeten Nahtmaterialien wie Seide, Zwirn, Nylon, Perlon, Supramid u.a.m. Seide gehört nebst tierischem und menschlichem Haar mit zu den ältesten Nahtmaterialien, die zur Wundbehandlung benutzt wurden (8,23). Eine kapillare Wirkung, die das Eindringen von Keimen in die Wunde begünstigt und Sekundärinfektionen verursachte, wurde durch Imprägnierung beseitigt. (Non Capillary Seide 8, 7). Immer wieder war bei diesen Materialien die Abnahme der Reißfestigkeit nach der Sterilisation ein Problem. Selbst heute verliert Seide, trotz Sterilisation im Autoklaven noch 10 % seiner ursprünglichen Festigkeit.(8). Zu den heute wichtigsten Nahtmaterialien gehören Nylon, Perlon, Supramid und Dacron. Die synthetischen Produkte übertreffen bei weitem die natürlichen an Zugfestigkeit, Geschmeidigkeit und Elastizität. Die Gewebsverträglichkeit ist gut (29).

3) Resorbierbares Material:

Das heute immer noch am häufigsten benutzte resorbierbare Material ist KATGUT, als KATGUT plain oder KATGUT chromiert mit verzögerter Resorption angewandt. Weder Carnofil, Brokafil noch Collafil konnten sich gegen KATGUT durchsetzen (6,17,29). Seit 1968 wird in der Chirurgie ein neues Material verwendet. DEXON^{R} ist ein synthetischer Faden aus Polyglykolsäure.

III. Forderungen an Nahtmaterialien

Die Chirurgie stellt an die Nahtmaterialien eine Reihe von Anforderungen, die mehr oder weniger gut von den heute gebräuchlichen Materialien erfüllt werden. Die wichtigste Forderung ist die der Sterilität. Sie muß in einfachen und praktikablen Verfahren verwirklicht werden können. Es ist unbedingt notwendig, daß die Sterilität des Materials absolut erhalten bleibt und durch Sterilisationsvorgang und Lagerung nichts von seiner Festigkeit einbüßt (2). Diese Forderung nach Sterilität wird heute immer erfüllt.

Der Faden muß bei minimalem Durchmesser genügend Festigkeit besitzen, um den Kräften standhalten zu können, die vom Chirurgen beim Knüpfen oder nachher im Gewebe ausgeübt werden (2,15b). Ein äußerst wichtiger Punkt ist die Gewebsverträglichkeit eines Materials. Es muß chemisch und biologisch indifferent sein (7). Nach HERRMANN (19) ist die komplikationslos geheilte Operationswunde der Beweis für die Qualität des verwendeten Materials. Das Material muß bis zur festen Heilung in der Wunde belassen werden können, ohne Fremdkörperreaktionen hervorzurufen. Bei resorbierbaren Materialien dürfen die Abbauprodukte weder toxisch, kanzerogen noch teratogen sein (2). Das Material muß sich einfach und sicher knoten lassen und gut in der Handhabung sein. Ist die Elastizität zu groß, so geht das Gefühl für den sicheren Knotensitz verloren, zum anderen besteht die Gefahr, daß sich der Knoten öffnet. Das Nahtmaterial darf nicht stark quellen, da bei einer zu starken Quellung die Fadenstümpfe in den Knoten schlüpfen können und dieser sich ungewollt öffnet (33).

Bei resorbierbaren Materialien sollte die Resorption im umgekehrten Verhältnis zur fortschreitenden Wundheilung vor sich gehen. Von der Festigkeit verlangen wir, daß sie solange ausreichend ist, bis keine Fäden mehr notwendig sind. Bei Kontakt mit normalen Körperflüssigkeiten darf sich der zeitliche Resorptionsverlauf nicht übermäßig beeinträchtigen lassen (3). Die Oberfläche sollte so glatt wie möglich sein, damit nur ge-

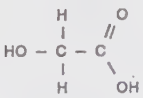
ringe Gewebereaktionen ausgelöst werden.(14a). Die Kapillarität (Dochtwirkung) sollte bei den geflochtenen Fäden aufgehoben sein; dies wird durch spezielle Imprägnierung und durch geeignete Flechtmethoden erreicht, wenn die einzelnen Fasern mehr oder weniger quer, niemals aber parallel zur Fadenachse zu liegen kommen (29). Die Produktionskosten sollten sich in vernünftigen Grenzen halten (2,1).

IV. Übersicht über die untersuchten Materialien

DEXON^{R}

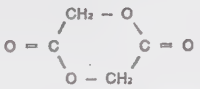
Seit 1968 befindet sich ein neuer resorbierbarer, synthetischer und kollagenfreier Faden in der klinischen Erprobung. Der Faden besteht aus Polyglykolsäure (PGS) und ist unter dem Namen DEXON^{R} im Handel. D E X O N ist das homologe Polymerisationsprodukt der Glykolsäure. Sie ist die erste Hydroxyessigsäure der Alpha-Hydroxycarbonsäuren. In der Natur kommt die Glykolsäure (I) in unreifen Weintrauben vor. Aus Glykolsäure wird mit sich selbst ein zyklischer Glykolsäureester (II)

I



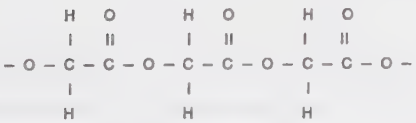
Glykolsäure

II



zyklischer Glykolsäureester

III



Polyglykolsäure

Durch Hitze und Katalysatoren entsteht daraus ein lineares Polymer mit hohem Molekulargewicht (III).

Die weitere Verarbeitung entspricht in den Grundzügen den bekannten synthetischen Fasern Nylon und Polyester (39). Der Schmelzpunkt liegt bei 224-376°C, so daß es gut im Autoklaven sterilisierbar ist (16). Die Resorption erfolgt bei den PGS-Fäden durch Hydrolyse und nicht durch Proteolyse mit Leukozyteninfiltration wie bei Katgut. Der Stoffwechsel läuft so ab, wie bei den Fettsäuren im sogenannten 'metabolischen pool'. Nach der Dehydroxylierung in der Leber wird sie in Essigsäure verwandelt (12). Durch C^{14} markiertes PGS-Material wurde festgestellt, daß die Ausscheidung hauptsächlich durch den Urin und die Ausatemluft erfolgt.(2). Wie ZILCH und KLENGEL (39) berichten, sind nach 32 Tagen noch 67 % an der Implantationsstelle des radioaktiv markierten Nahtmaterials nachweisbar. Nach 128 Tagen nur noch o,3 %. Ebenso berichtet FRAZZA (16) von weniger als einem Prozent nach vier Monaten. In dieser Zeit wurden 42,9 % im Urin, 26,5 % in der Ausatemluft und 9,6 % in den Faeces ausgeschieden (39). LILLY (25) meint zu den beobachteten geringen Entzündungserscheinungen um den Faden, daß durch das Abbauprodukt Glykolsäure bei der Hydrolyse eine pH-Wertänderung erreicht wird, die kein Bakterienwachstum zuläßt.

Die Reißfestigkeit wird als gut beurteilt (27). Sie ist im Vergleich zu KATGUT am 7. und 11. Tag p.o. größer, gleicht sich nach dem 15. Tag dem KATGUT wieder an (36,2). Das Lösen der Naht durch Zug mit einer Pinzette war frühestens am 10. Tag p.o. möglich. Die Hauptlösungszeit lag zwischen dem 12. und 15. Tag, unabhängig von der Fadenstärke.(39).

ANSCOMBE (1) berichtet, daß die Nähte an der Haut zwischen dem 15. und dem 34. Tag sich lösten, im Mittel nach 20,5 Tagen. Im oralen Bereich war es nach dem 16. - 20. Tag (25). MILN (27) dagegen gibt nur 14 Tage an. Bei der Kontrolle der Blut- und Urinwerte ergaben sich keine signifikanten Unterschiede, die auf den Gebrauch von PGS-Material zurückzuführen wären (12,32,1,2). Knotenfestigkeit, Handhabung und Gewebsverträglichkeit werden als gut beurteilt (36,2,3, 27.1.30.39.25.12.38.19.24). Lediglich MILN (27) und LILLY (38) bemängeln die Farbe der PGS-Faden als zu fahl und daher schlecht sichtbar.

KATGUT

Zur Katgutherstellung werden heute vornehmlich die Dünndärme des Hammels verwendet. Serosa und Muskularisschicht werden entfernt, die Submukosabänder verschiedenen Behandlungen unterworfen, um Fermente, nicht kollagene Eiweißbestandteile und andere Verunreinigungen zu beseitigen und die kollagene Struktur auszurichten. Die kollagene Reinheit ist maßgebend für die Reißfestigkeit und die minimale Gewebsreaktion des späteren Fadens. Die Fäden werden nach dem Trocknen geschliffen und durch eine Chromsalzlösung gegerbt. So entsteht das Chrom-KATGUT, das gegenüber dem Plain-KATGUT eine verlängerte Resorptionszeit besitzt. Die Fäden werden durch Hitze oder Äthylenoxyd sterilisiert.(15b.6.7). Die Resorption der KATGUT-Fäden erfolgt durch Proteolyse. Leukozyten und andere Körperzellen bilden proteolytische Enzyme, um zerstörtes Gewebe abzubauen (15b). NOCKEMANN (29) betrachtet deshalb die Resorption als eine besondere Art von Entzündung. Deshalb wird auch in einem entzündeten Gebiet KATGUT besonders schnell resorbiert. Hinsichtlich der Gewebereaktion hat ein dünner Faden nur einen minimalen Leukozytenwall, ein 3-fach dickerer Faden einen um das acht- bis zehnfach verstärkten Leukozytenwall (14a). HUDEMANN (22) und BRONNER (9) weisen noch auf die KATGUTallergie in Form des Arthusphänomens hin, die für Platzbäuche und Wunddehiszensen verantwortlich sein soll. UNGER (37) weist in einer neueren Untersuchung zwar Antikörper nach, meint jedoch, daß Wunddehiszensen und Platzbäuche nicht auf eine Allergie gegenüber KATGUT, das bei früher erfolgten Operationen angewandt wurde, zurückzuführen sei.

ETHIFLEX

ETHIFLEX Polyesterfiber ist ein geflochtener, nichtresorbierbarer Faden. Er ist das Polymeristionsprodukt aus Äthylenglykol und Dimethyltherephtalat (4). 1939 wurde das Material entwickelt und befindet sich seit 1946 unter dem Namen DACRON im Handel. Seit 1950 wird es in der Chirurgie verwendet (15c).

ETHIFLEX ist das teflonisierte Produkt der Mersilene. (15b). Das Material hat einen Schmelzpunkt von 221° und ist somit für die Sterilisation im Autoklaven geeignet. Es zeichnet sich durch hohe Reißfestigkeit, minimale Gewebeverträglichkeit, gute Sichtbarkeit, gute Handhabung und Knotensicherheit aus (34.21). Die Reißfestigkeit der Stärke 3-0 ist um 61 % größer als die von Baumwolle gleicher Stärke (28).

Das Material zeichnet sich durch eine sehr geringe Wasseraufnahme aus, woraus eine außerordentliche Resistenz gegen Hydrolyse resultiert.

Durch eine Spezialimprägnierung wird ETHIFLEX laut Hersteller serumbeständig und seine Dochtwirkung fast vollständig aufgehoben. Abstossungen von Fadenmaterial, Granulombildung oder maligne Entartung umliegender Gewebe wurden nicht festgestellt (15b).

V. Eigene Untersuchungen

Modellversuche an Nahtmaterialien

a) Prüfung der Durchmesser von DEXON, chromiertem KATGUT und ETHIFLEX.

Material und Methode:

Die untersuchten Materialien sind im Abschnitt IV beschrieben. Die Prüfung wurde mit dem Universal-Messmikroskop (UMM) der Firma Zeiss durchgeführt. Das Nahtmaterial der Stärke 3-0 wurde in trockenem Zustand und ungedehnt geprüft.

Messergebnisse: Durchmesser in mm Tabelle I

DEXON	KATGUT	ETHIFLEX	
o.266	o.361	o.28o	
o.272	o.363	o.278	
o.266	o.359	o.281	
o.273	o.361	o.279	
o.284	o.358	o.282	
o.276	o.357	o.284	
o.283	o.362	o.286	
o.272	o.357	o.282	
o.275	o.362	o.285	
o.274	o.359	o.278	
o.274	o.36o	o.282	Mittelwert
o.oo6	o.oo3	o.oo3	Standardabweichung
o.oo4	o.oo2	o.oo2	Vertrauensbereich

Ergebnisse:

Die Stärkeeinteilung nach dem DAB 6 liegt die Fadenstärke 3-0 zwischen o.19 und o.24 mm. Die US-Pharmakopöe fordert für die Stärke 3-0 einen Durchmesser zwischen o.21 und o.25 mm für nicht resorbierbares Material und für KATGUT o.25 bis o.31 mm (29). Das von uns untersuchte KATGUT (Fa. Ethicon) liegt mit o.36o$\pm$ o.oo2 weit über dem vom DAB geforderten Wert, als auch über dem USP Wert. DEXON

(Fa. Braun-Melsungen) mit einem durchschnittlichen Durchmesser von o.274± o.oo4 überschreitet wie ETHIFLEX (Fa. Ethicon) mit o.282± o.oo2 mm Durchmesser sowohl die vom DAB 6 geforderte Norm, als auch die Norm der USP.

Für den Chirurgen ist die Abweichung der Nahtmaterialien von der geforderten Norm nicht von zu großer Bedeutung. Es ist lediglich interessant, daß Normen gegeben sind und trotzdem von keinem der Materialien erfüllt werden.

b) Statistik

Für die Berechnung der Mittelwerte, der Standardabweichungen sowie der Vertrauensbereiche wurde der elektronische Rechner von Hewlett + Packard HP 45 benutzt.

Die Standardabweichung (oder mittlere quadratische Abweichung) berechnet der HP 45 nach folgender Formel:

$$s_{\bar{x}} = \sqrt{\left(\frac{1}{r_5 - 1}\right)} \quad \frac{r_6 - r_7^2}{r_5}$$

$s_{\bar{x}}$ = Standardabweichung

r_5 = Anzahl der Eingaben

r_6 = Summe der eingegebenen Werte im Quadrat

r_7 = Summe der x Eingaben

Der Vertrauensbereich wurde nach der Formel berechnet:

$$q = s_{\bar{x}} \sqrt{\frac{t}{n}}$$

$s_{\bar{x}}$ = Standardabweichung

t = nach der Student-Tabelle (11) für die Anzahl der Freiheitsgrade n-1 ≙ 2,262

n = Stichprobenumfang

Mittelwert ± q sagt aus, daß 95 % aller Werte sich in diesem Bereich befinden. Überschneiden sich zwei Mittelwerte und deren Vertrauensbereich, so besteht keine Signifikanz. Überschneiden sich die Vertrauensbereiche nicht, so besteht Signifikanz.

C) Kapillarität

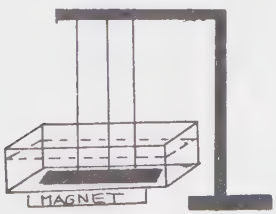
Die Kapillarität eines chirurgischen Nahtmaterials ist insofern von großer Bedeutung, als Infektionen durch den Stichkanal in tiefere, sterile Gewebsschichten gelangen können. Diese Kapillarität, oder auch Dochtwirkung genannt, tritt am stärksten bei den Fäden auf, die aus lauter dünnen Einzelfäden geflochten werden.

Untersuchung der Kapillarität der Stärke 3-0 von DEXON, ETHIFLEX, KATGUT chrom.

Material und Methode:

In diesem Versuch verwendeten wir schwarze Tinte zur Ermittlung der Steighöhe, die uns gleichzeitig die Kapillarität der zu untersuchenden Fäden angab. Die Fäden wurden an einen Metalldraht geknüpft, der in den Behälter mit Tinte eingetaucht wurde. Oben waren die Fäden an einem Gestell befestigt und unten durch einen Magneten leicht und gleichmäßig gestrafft (s. Abb. 1). Nach 15 sec, 1 min, 2 min, 5 min wurde die Steighöhe abgelesen.
(siehe Tabelle II)

Abb. 1



Ergebnisse:
Die graphische Darstellung (Abb. 2) zeigt, daß bei ETHIFLEX die Flüssigkeit nach 15 sec schon etwas mehr als 1 cm gestiegen war, nach 2 min aber mit DEXON fast gleich ist.

Bei DEXON steigt die Tinte in den ersten 15 sec weni-

ger als die Hälfte von ETHIFLEX an, liegt aber nach 5 min um o,6 cm höher als bei ETHIFLEX.

Bei ETHIFLEX ist jedoch zwischen der 2ten und 5ten Minute kaum ein Anstieg zu verzeichnen.

Bei KATGUT ist ein Anstieg nur bis 1 min nach dem Eintauchen zu verzeichnen und ist mit o,2 cm als Maximum äußerst gering.

OLERUD (31) berichtet ebenfalls von einer starken Dochtwirkung der PGS-Fäden.

Besprechung der Ergebnisse:

Wir meinen, daß bei einem chirurgischen Nahtmaterial, das von einer Firma mit vollständig aufgehobener Kapillarität ausgewiesen ist (15c), die Kapillarität entsprechend einer Steighöhe über 2 cm zu groß ist. Die Kapillarität sollte durch geeignete Flechtmethoden und Imprägnierungsmaßnahmen verringert, wenn nicht ganz aufgehoben werden.

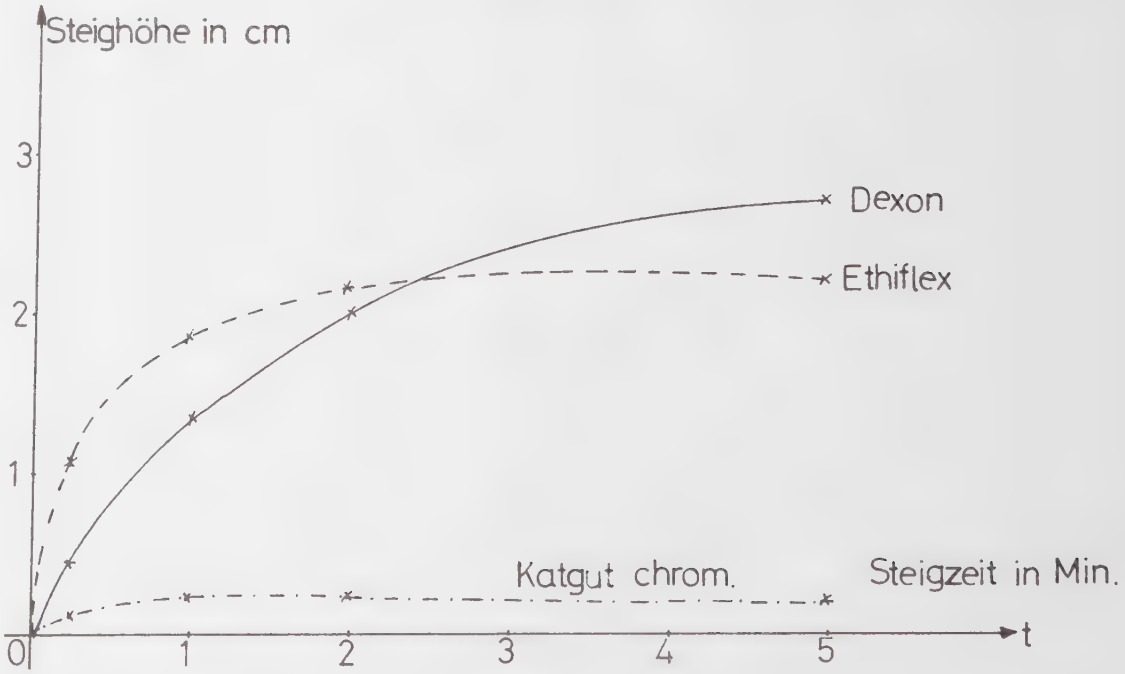
Tabelle II

Kapillarität

	DEXON				ETHIFLEX				CATGUT			
	15 sec	+ 1 min	+ 2 min	+ 5 min	15 sec	+ 1 min	+ 2 min	+ 5 min	15 sec	+ 1 min	+ 2 min	+ 5 min
	o,5	1,5	2,3	2,9	o,8	1,5	2,2	2,4	o,1	o,2	o,2	o,2
	o,5	1,4	2,o	2,9	1,2	2,6	2,8	3,o	o,1	o,2	o,2	o,2
	o,4	1,4	1,8	2,6	1,o	1,5	1,8	1,8	o,1	o,2	o,2	o,2
	o,5	1,5	2,2	2,8	1,o	1,8	2,1	2,2	o,2	o,3	o,3	o,3
	o,6	1,8	2,6	3,2	1,o	2,o	2,3	2,3	o,2	o,3	o,3	o,3
	o,3	1,3	2,o	2,6	1,o	2,o	2,2	2,2	o,1	o,2	o,2	o,2-
	o,4	1,o	1,8	3,o	1,1	1,8	2,o	2,1	o,1	o,2	o,2	o,2
	o,4	1,4	2,o	2,9	1,1	1,7	2,o	2,o	o,1	o,1	o,1	o,1
	o,5	1,3	2,1	2,7	1,o	2,o	2,2	2,2	o,1	o,2	o,2	o,2
	o,4	1,o	1,2	2,7	1,2	1,6	1,8	1,8	o,1	o,2	o,2	o,2
1.Mittelwert	o,45	1,36	2,oo	2,83	1,o4	1,85	2,14	2,2o	o,12	o,21	o,21	o,21
2.Standard-abweichung	o,o8	o,24	o,37	o,19	o,12	o,33	o,29	o,34	o,o4	o.o6	o,o6	o,o6
3.Vertrauens-bereich	o,o6	o,17	o,26	o,14	o,o8	o,23	o,21	o,25	o,o3	o,o4	o,o4	o,o4

Abb II

Abhängigkeit der Steighöhe von der Zeit



d) Tierexperimentelle Untersuchungen

An Hand von Tierversuchen sollte festgestellt werden, wie sich die resorbierbaren Nähte von DEXON und chromiertes KATGUT gegenüber dem nichtresorbierbaren ETHIFLEX verhalten.

Material und Methode:

Als Versuchstiere wurden sieben Kaninchen beiderlei Geschlechts, mit einem Gewicht von 1 800 g - 2 500 g, verwendet. Es waren keine rassenreine Kaninchen, da erfahrungsgemäß rassenreine Versuchstiere die Narkose weniger gut überleben. Alle Tiere operierten wir an einem Tag. Als Anaesthesiemittel kam Nembutal^{R} zur Anwendung, ein Pentobarbital-Na, welches in die Ohrvene injiziert wurde. Um die Venen leichter zu finden und sicher einstechen zu können, feuchteten wir die Ohren mit Wasser an. Das Anaesthesiemittel verdünnten wir 1 : 1 mit Physiologischer Kochsalzlösung. Um eine ausreichende Anaesthesie zu erzielen, mußten je nach Gewicht des Tieres 0,9 - 1,5 ml der verdünnten Lösung langsam injiziert werden. Die Narkosedauer war mit 20 Minuten ausreichend. Am Ort der Operation gaben wir noch 0,5 ml Xylocain + 2 % Norepinephrin, verteilt auf die buccale Schleimhaut und den harten Gaumen, um eine ausreichende Schmerzfreiheit und Blutleere zu erreichen. Die Schnitte lagen in der buccalen Schleimhaut in Nähe der Umschlagfalte und am harten Gaumen paramedian und hatten eine Länge von ungefähr 1,5 cm. Die Wunde wurde mit den drei zu prüfenden Materialien der Stärke 3-0 durch drei Einzelknopfnähte wieder geschlossen. Als Knoten wurde ein doppelt gelegter chirurgischer Knoten verwendet. Die Fadenstümpfe waren mit einer Länge von 5 mm reichlich bemessen.

Alle Versuchstiere überlebten die Anaesthesie. Die Ernährung der Tiere erfolgte mit dem Mischfutter für Kaninchen. Die Tiere wurden 3 x täglich gefüttert und bekamen 150 - 200 Gramm dieses Kraftfutters pro Tag. Dazu kamen noch Stroh, Heu und Wasser. Nach 2,4,6..... bis 14 Tage p.o. wurden die Nähte kontrolliert. (Tabelle III)

Tage nach OB	Nr.	SCHLEIMHAUT DEXON	CATGUT chrom.	ETHIFLEX
2 d	1	leichte Fibrin-beläge	starke Fibrin-beläge	leichte Fibrin-beläge
4 d	2	leichte Fibrin-beläge	starke Fibrin-beläge	leichte Fibrin-beläge
6 d	3	fehlt	fehlt	leichte Fibrin-beläge
8 d	4	leichte Fibrin-beläge	fehlt	fehlt
10 d	5	fehlt	fehlt	leichte Fibrin-beläge
12 d	6	fehlt	fehlt	leichte Fibrin-beläge
14 d	7	fehlt	fehlt	leichte Fibrin-beläge
			GAUMEN	
2 d	1	leichte Fibrin - beläge	leichte Fibrin-beläge	leichte Fibrin-beläge

Tabelle III

Ergebnisse:

KATGUT chrom. war nur bis zum 4. Tag p.o. vorhanden und zeigte starke Fibrinbeläge im Bereich der Stichkanäle, während DEXON sich noch am 8. Tag p.o. nachweisen ließ und nur leichte Fibrinbeläge aufwies. ETHIFLEX hielt sich noch 14 Tage p.o. in der Mundhöhle und zeigte leichte Fibrinbeläge, ungefähr im Ausmaße von DEXON. Am Gaumen waren die Nähte nur 2 Tage p.o. vorhanden. Wahrscheinlich hielten die Nähte der mechanischen Beanspruchung durch die Kaninchenzunge nicht stand, öffneten sich oder wurden ganz ausgerissen. Auffallend war, daß KATGUT chrom. gegenüber DEXON und ETHIFLEX entschieden stärkere Fibrinbeläge hatte. Daß DEXON bei einem Tier am 6. Tag fehlte und bei einem anderen am 8. Tag wieder vorhanden war, und daß auch ETHIFLEX, das am 8. Tage fehlte, und danach immer vorhanden war, ist sicherlich darauf zurückzuführen, daß das Nahtmaterial jeweils aus dem Gewebe gerissen wurde. Dies kann damit zusammenhängen, daß während der Operation die Nadel zu nahe am Wundrand eingestochen worden ist. Am Gaumen waren die Nähte nur bis zum 2. Tag p.o. vorhanden.

Überzeugend ist jedoch der Vergleich mit ETHIFLEX. Während die resorbierbaren Materialien DEXON und KATGUT chrom. 8 bzw. 6 Tage dem Speichel und den Beanspruchungen standhielten, war ETHIFLEX bis zum längsten Beobachtungszeitpunkt vorhanden. Das Nahtmaterial dient eigentlich dazu, die Wundränder solange zusammenzuhalten, bis sie eine physiologische Beanspruchung aushalten (38). Diese Materialien gaben zu früh der Beanspruchung nach und können somit nicht als geeignet für die Mundhöhle angesehen werden. ETHIFLEX dagegen war den Beanspruchungen gewachsen.

e) Reißfestigkeitsuntersuchungen

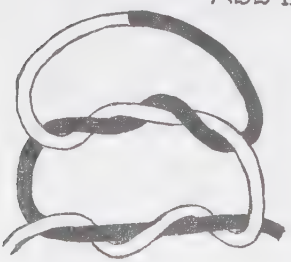
Für unsere speziellen Erfordernisse in der Kieferchirurgie soll geprüft werden, wie sich die Nahtmaterialien DEXON, chromiertes KATGUT und ETHIFLEX unter mundähnlichen Bedingungen verhalten.

Material und Methode:

Die Nahtmaterialien wurden in eine geknotete und eine ungeknotete Gruppe geteilt. So kann die Bruchlast der geknoteten und ungeknoteten Fäden bestimmt und verglichen werden. Außerdem wurden die Fäden in Speichel bis zu 14 Tagen Dauer gelegt, um noch eine Abhängigkeit der Bruchlast von der Einlegezeit zu finden. Geknüpft wurde ein doppelt gelegter chirurgischer Knoten, der für die ETHIFLEXnaht empfohlen wird.(15a) Auch bei PENSHORN hielt dieser Knoten den Belastungen am ehesten stand.(33)

(siehe Abb. III)

Abb III



Eine besondere Schwierigkeit bestand zunächst in der Haltbarmachung des Speichels. Innerhalb von zwei Tagen begann der Speichel ohne Zusätze zu gären und war somit für die Versuche nicht mehr geeignet. Nach Zusetzen von zerstossenem Baycillin^{R} Mega Oblongtabletten blieb der Speichel in einem Vorversuch über einen Zeitraum von drei Wochen frei von Gärung. Der Speichel wurde durch Kauen auf Paraffin gewonnen. Er war deshalb fast frei von mukösen Bestandteilen. Der pH Wert lag bei 7. Die geknoteten und ungeknoteten Fäden legten wir in den Speichel ein und bewahrten sie in einem Brutschrank von 37^{o}C auf, um die Temperatur der Mundhöhle so gut wie möglich einzuhalten. Nach 2.4.6... bis 14 Tage Verweildauer im Speichel wurden die Fäden geprüft.

Die Versuche selbst wurden am Institut für Textiltechnik der Institute für Textil- und Faserforschung Stuttgart in Reutlingen durchgeführt. Hier möchte ich meinen besonderen Dank an Herrn Dr. Ing. P. Ehrler für die Erlaubnis zur Durchführung der Versuche aussprechen.

DIN-Vorschriften

Zur Bestimmung der Bruchlast der Nahtmaterialien sowohl nach dem Einlegen in Speichel als auch im trockenen Zustand, wurde soweit wie möglich nach den DIN-Vorschriften vorgegangen. Hauptsächlich nach DIN 53834 (13) Vorschrift für die Prüfung von Textilien, Zugversuch an Garnen und Zwirnen, weiterhin nach DIN 53815, DIN 53816 (13).

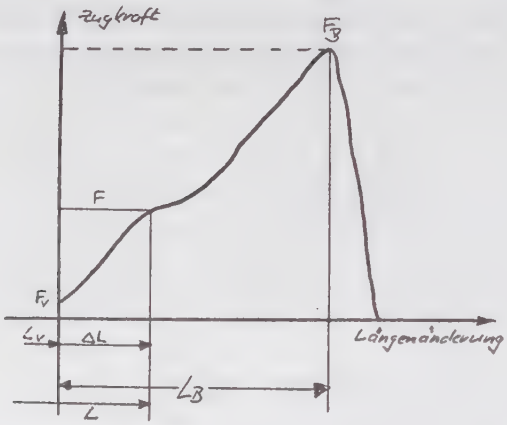
Als Prüfgeräte sind alle Zugprüfgeräte verwendbar, die den Anforderungen der Klasse 1 nach DIN 51122o (13) und den allgemeinen Bedingungen nach DIN 51221 (13) Blatt 1 entsprechen. Die Prüfgeräte der DIN-Vorschrift arbeiten nach folgenden Prinzipien:

a) konstante Belastungsgeschwindigkeit
b) konstante Verformungsgeschwindigkeit der Probe
c) konstante Abzugsgeschwindigkeit der ziehenden Klemme.

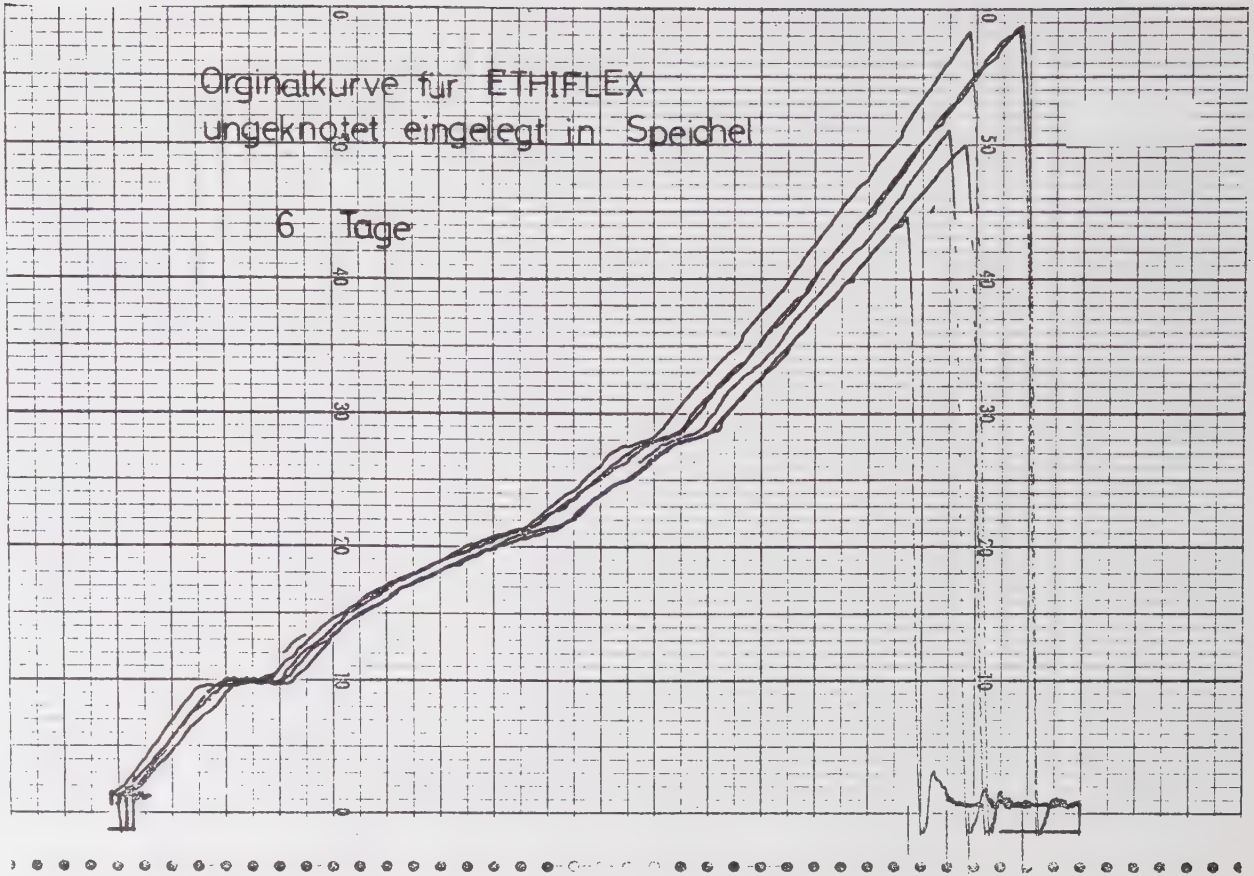
Wir benutzten die elektronische Zugprüfmaschine Z 1362 der Firma Zwick & Co. KG, Einsingen/Ulm. Bei diesem Gerät wird bei der elektronischen Dehnungsmessung die Messlänge eines Prüfkörpers als mechanische Bezugsgröße verwendet. Das Messgerät erzeugt bei der Längenänderung des Prüfkörpers einen der Verformung proportionalen elektrischen Wert. Die der Längenänderung proportionale elektrische Messgröße wird auf ein elektronisches Schreibgerät übertragen, das nach dem Kompensationsprinzip von Poggendorf arbeitet.

Die freie Einspannlänge der Proben betrug 20 cm. Pro Versuch wurden 10 Messungen durchgeführt. Der Messbereich war 5 kg. Die Proben wurden in eine obere messende Klemme und in eine untere ziehende Klemme eingespannt. Für die Dehnungsaufzeichnung auf der Grundlage der Klemmenabstandsänderung wurde für den Papiervorschub ein Streckgetriebe mit dem Übersetzungsverhältnis 1o : 1 benutzt. Die Vorspannkraft betrug in allen Versuchen 50 g.

Kraft-Längenänderungs-Diagramm (DIN 53815)



Die Zugkraft F ist die in jedem Zeitpunkt des einfachen Zugversuchs auf die Messprobe einwirkende Kraft in Zugrichtung. Die Vorspannkraft F_V ist die bei Beginn des Zugversuchs auf die Messprobe einwirkende Kraft. In unseren Versuchen wurde mit 50 g vorgespannt, um immer die gleiche Ausgangslage für die Versuche zu haben. Die Bruchkraft F_B ist die beim einfachen Zugversuch unmittelbar vor der völligen Trennung der Messprobe gemessene Zugkraft. Die Länge der Bruchkraft L_B ist der Wert der Länge L unmittelbar vor der völligen Trennung der Messprobe. Die Längenänderung ΔL ist in jedem Zeitpunkt des einfachen Zugversuchs die Differenz zwischen gemessener Länge L und der Ausgangslänge L_V der Messprobe. Die Längenänderung bei Bruchkraft L_B ist die Differenz zwischen gemessener Länge L_B und der Ausgangslänge L_V der Messprobe. Aus der gemessenen Länge L_B und der Einspannlänge kann man dann die Dehnung in % berechnen.


Orginalkurve für ETHIFLEX
ungeknotet eingelegt in Speichel
6 Tage
0
10
20
30
40
50

Ergebnisse der Zugversuche

Die Zugversuche zeigen zunächst einmal beim trockenen Faden die Abnahme der Bruchlast zwischen geknoteten und ungeknoteten Fäden. ETHIFLEX hat in trockenem Zustand die höchste Bruchlast mit 3,1 kg, KATGUT 2,72 kg und DEXON 2,25 kg. Geknotet sind DEXON und KATGUT als gleich anzusehen mit 1,85 und 1,87 kg. ETHIFLEX liegt mit 1,64 kg etwas darunter (Schaubild IV).

Die Abnahme der Bruchlast in Abhängigkeit der Zeit der in Speichel eingelegten Fäden ist einmal im Blockbild IIa und als Kurve V dargestellt. Ebenso für die geknoteten Fäden als Blockbild VI und als Kurve VI. Der Vertrauensbereich des Mittelwertes ist mit in den Kurven dargestellt.

Bei den ungeknoteten eingelegten Fäden IIb ist in manchen Fällen keine Signifikanz zwischen den einzelnen Mittelwerten festzustellen, jedoch ist in der grafischen Darstellung durchaus eine Abnahme der Bruchlast zu erkennen. Vergleicht man die Ausgangswerte bei DEXON und KATGUT mit dem Wert am 14. Tag, so kann man sagen, daß eine Signifikanz vorliegt. Betrachtet man die Werte der geknoteten, eingelegten Fäden (VI) so ist auch hier keine Signifikanz der einzelnen Mittelwerte festzustellen, jedoch zwischen dem Ausgangswert und dem Wert am 14. Tag.

Zu V

Betrachtet man die Werte bei ETHIFLEX, so liegt auch hier kein Signifikanz der Einzelwerte vor. Allerdings zeigt sich auch keine Signifikanz zwischen Ausgangswert und Endwert. Daraus ist zu schließen, daß der Speichel keinen Einfluß auf ETHIFLEX ausübt.

Zu VI für ETHIFLEX

Bei geknotetem ETHIFLEX hat zwar die Bruchlast gegenüber ungeknotetem abgenommen. Eine signifikante Abnahme der Bruchlast in Abhängigkeit der Zeit ist auch hier nicht festzustellen. Man kann also sagen, daß DEXON und KATGUT unter Speicheleinfluß und bei zunehmender Zeit an Bruchlast von beachtlichem Ausmaß verlieren. ETHIFLEX dagegen behält seine Zugfestigkeit bei.

In Prozenten ausgedrückt, im Vergleich zu den Ausgangsbruchlasten, beträgt der Bruchlastverlust bei DEXON 17,8 %, bei KATGUT 31.2 % und bei ETHIFLEX 47.1 %. Bei den geknoteten Fäden lag die Bruchstelle immer am Knoten. In keinem der Fälle ging der Knoten auf. Der Knoten ist somit der schwächste Punkt in einem geknoteten Faden. Es ist anzunehmen, daß unter Belastung die Knotenschlingen den Faden selbst abklemmen.

Bei in Speichel eingelegtem ungeknotetem DEXON sinkt die Belastungsfähigkeit von 2.o1 kg am 2. Tag bis auf o.56 kg am 14. Tag. Bei geknotetem DEXON ist die Abnahme von 1.55 kg auf o.49 kg. Der Unterschied bei DEXON zwischen geknoteten und ungeknoteten Fäden ist am 14. Tag nicht mehr sehr groß. Dennoch lag die Bruchstelle immer im Bereich des Knotens. Der Bruchlastverlust (Tabelle V E) bei den 14 Tage lang eingelegten Fäden und maximaler Bruchlast beträgt 75 % und bei den geknoteten Fäden 73.5 %.
Bei KATGUT, das in trockenem Zustand eine Bruchlast von 2.72 kg und geknotet 1.87 kg hat, ist die Abnahme 31.2 %. Schon nach zwei Tagen Verweildauer im Speichel ist die Bruchlast im ungeknoteten Zustand auf 2.o7 kg gesunken. Vom 4. bis zum 12. Tag geht die Abnahme langsamer voran. Am 14. Tag ist die Bruchlast auf 1.2O kg gesunken, das sind 55,9 % Bruchlastverlust. Geknotet sinkt die Bruchlast von 1.87 kg nach 14 Tagen auf o.79 kg ab, das bedeutet einen Bruchlastverlust von 57.8 %.
Bei ETHIFLEX ist praktisch nur ein Einfluß zwischen Trocken- und Naßreißversuchen festzustellen. Der Unterschied beträgt hier 8,8 %. Geknotet ist der Bruchlastverlust sogar nur 3,1 %. Man kann sagen, daß ETHIFLEX durch Speichel nicht beeinflußt wird. Die Unterschiede sind nur auf die Reißbedingungen zurückzuführen.
Für die Dehnung (Tabelle IV + V), die man als Nebenprodukt bei der Prüfung der Bruchlast erhält, ist zu sagen, daß im allgemeinen eine Abnahme der Dehnung festzustellen ist, sowohl bei KATGUT als auch bei DEXON im geknoteten und ungeknotetem Zustand. Bei ETHIFLEX ist keine Abnahme der Dehnung festzustellen, weder im geknoteten noch im ungeknotetem Zustand. Für keines der drei Materialien kann die festgestellte Dehnung als Nachteil oder hinderlich für die Knotenlegung betrachtet werden.

Messergebnisse der Zugversuche

Auf die Wiedergabe der über 1 200 Einzelwerte wurde verzichtet. Angegeben sind nur die Mittelwerte der Bruchlasten und Dehnung, sowie Standardabweichung und Vertrauensbereich der Bruchlasten.

Tabelle IV

DEXON ungeknotet	Bruchlast Mittelwert in kg	Standardabweichung	Vertrauensbereich	Dehnung Mittelwert in %
trocken	2,25	0,12	o,o9	19,8
2 Tage	2,o1	o,11	o,o8	17,8
4 Tage	1,77	o,1o	o,o7	16,4
6 Tage	1,63	o,17	o,12	15,8
8 Tage	1,38	o,o8	o,o6	16,8
10 Tage	1,31	o,1o	o,o7	16,3
12 Tage	1,19	o,21	o,15	14,1
14 Tage	o,56	o,17	o,12	9,8
geknotet				
trocken	1,85	o,14	o,1o	17,1
2 Tage	1,55	o,o7	o,o5	14,6
4 Tage	1,16	o,o8	o,o6	11,1
6 Tage	1,12	o,14	o,1o	1o,3
8 Tage	1,o3	o,o8	o,o5	1o,8
10 Tage	o,95	o,o9	o,o6	1o,6
12 Tage	o,86	o,o7	o,o5	9,6
14 Tage	o,49	o,o4	o,o3	8,2

KATGUT ungeknotet	Bruchlast Mittelwert in kg	Standardabweichung	Vertrauensbereich	Dehnung Mittelwert in %
trocken	2,72	o,22	o,16	16,5
2 Tage	2,o6	o,34	o,24	15,9
4 Tage	1,81	o,29	o,21	18,3
6 Tage	1,72	o,34	o,24	16,o
8 Tage	1,74	o,3o	o,21	16,6
10 Tage	1,61	o,26	o,19	15,2
12 Tage	1,67	o,13	o,o9	14,3
14 Tage	1,2o	o,21	o,15	1o,9
geknotet				
trocken	1,87	o,2o	o,14	15,2
2 Tage	1,3o	o,17	o,12	16,5
4 Tage	1,21	o,16	o,11	16,5
6 Tage	1,15	o,13	o,o9	14,4
8 Tage	o,98	o,11	o,o8	18,o
10 Tage	o,91	o,13	o,o9	14,4
12 Tage	o,87	o,18	o,13	12,4
14 Tage	o,79	o,2o	o,14	12,6

ETHIFLEX ungeknotet	Bruchlast Mittelwert in kg	Standardabweichung	Vertrauensbereich	Dehnung Mittelwert in %
trocken	3,1o	o,14	o,1o	8,4
2 Tage	2,78	o,2o	o,14	7,8
4 Tage	2,99	o,o7	o,o5	8,3
6 Tage	2,68	o,23	o,16	8,o
8 Tage	2,76	o,34	o,24	7,7
1O Tage	2,71	o,26	o,19	7,9
12 Tage	3,o5	o,11	o,o8	8,2
14 Tage	2,96	o,19	o,14	8,2
geknotet				
trocken	1,64	o,o6	o,o4	6,3
2 Tage	1,56	o,o8	o,o6	7,2
4 Tage	1,58	o,o9	o,o6	6,7
6 Tage	1,61	o,o8	o,o6	6,7
8 Tage	1,54	o,14	o,1o	8,2
1O Tage	1,59	o,11	o,o8	7,2
12 Tage	1,64	o,12	o,o9	6,5
14 Tage	1,59	o,o7	o,o5	7,o

Prozentualer Vergleich der Bruchlasten zwischen ungeknoteten und geknoteten, zwischen trockenen und in Speichel eingelegten Fäden.

A: Mittelwerte der Bruchlasten ungeknotet in kg

B: Mittelwerte der Bruchlasten geknotet in kg

C: Bruchlastverlust in % zwischen geknoteten und ungeknoteten Fäden.

D: Bruchlastverlust in % zwischen den trockenen ungeknoteten und den eingelegten ungeknoteten Fäden.

E: Bruchlastverlust in % zwischen den trockenen geknoteten und den eingelegten geknoteten Fäden.

Tabelle V

DEXON	A	B	C	D	E
trocken	2.25	1.85	17.8	-	-
2 Tage	2.o1	1.55	23.2	1o.1	16.2
4 Tage	1.77	1.16	34.o	21.4	37.4
6 Tage	1.63	1.12	31.2	27.6	39.4
8 Tage	1.38	1.o3	25.4	38.6	43.8
1O Tage	1.31	o,95	27.5	41.8	48.6
12 Tage	1.19	o.86	27.6	47.o	53.5
14 Tage	o.56	o.49	12.5	75.2	73.5
KATGUT					
trocken	2.72	1.87	31.2	-	-
2 Tage	2.o7	1.3o	37.1	24.o	3o.5
4 Tage	1.81	1.21	33.1	33.4	35.3
6 Tage	1.72	1.15	33.1	36.7	38.5
8 Tage	1.74	o.97	44.4	36.o	48.1
1O Tage	1.61	o.91	32.9	4o.8	5o.8
12 Tage	1.67	o.87	47.9	38.6	53.4
14 Tage	1.2o	o.79	34.1	55.9	57.8
ETHIFLEX					
trocken	3.1o	1.64	47.o	-	-
2 Tage	2.78	1.56	43.9	1o.o	5.o
4 Tage	2.99	1.58	47.1	3.5	3.6
6 Tage	2.68	1.61	4o.o	13.6	1.6
8 Tage	2.76	1.54	44.2	11.o	6.1
1O Tage	2.71	1.59	41.3	12.6	3.o
12 Tage	3.o5	1.64	46.2	1.5	-
14 Tage	2.96	1.59	46.3	4.5	3.o

Vergleich der Bruchlasten von geknoteten und ungeknoteten Nahtmaterialien.

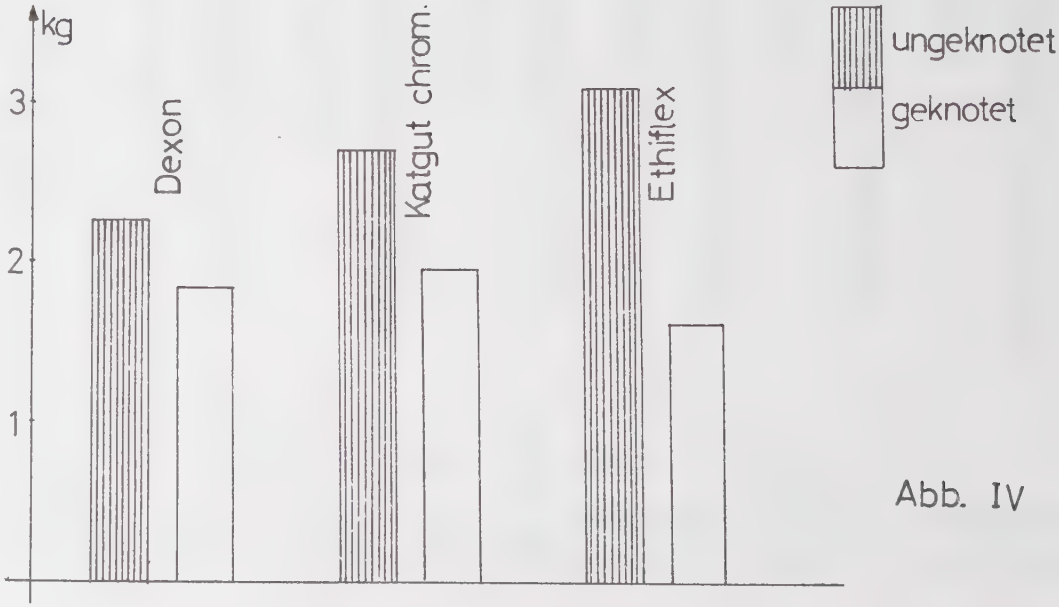


Abb. IV

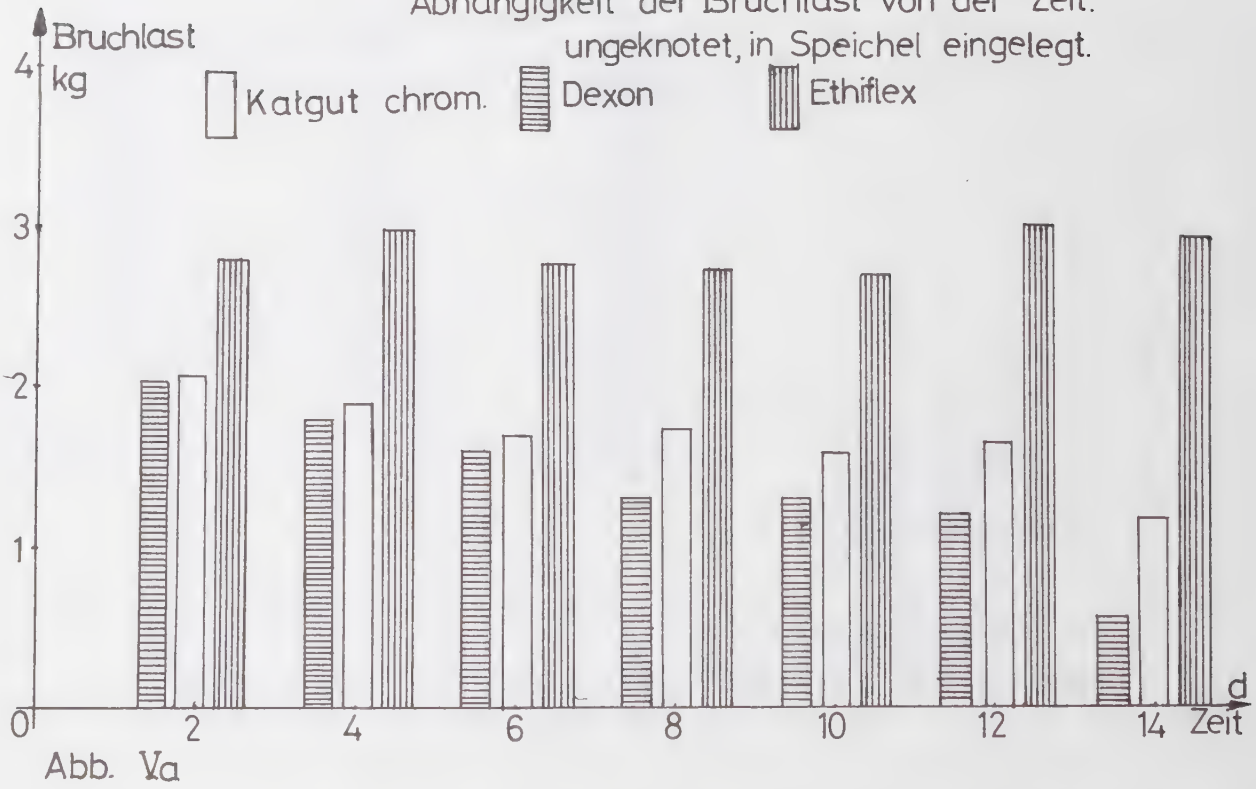

Abhängigkeit der Bruchlast von der Zeit.
ungeknotet, in Speichel eingelegt.
Bruchlast
kg
Katgut chrom.
Dexon
Ethiflex
4
3
2
1
0
2
4
6
8
10
12
14
d
Zeit

Abb. Va

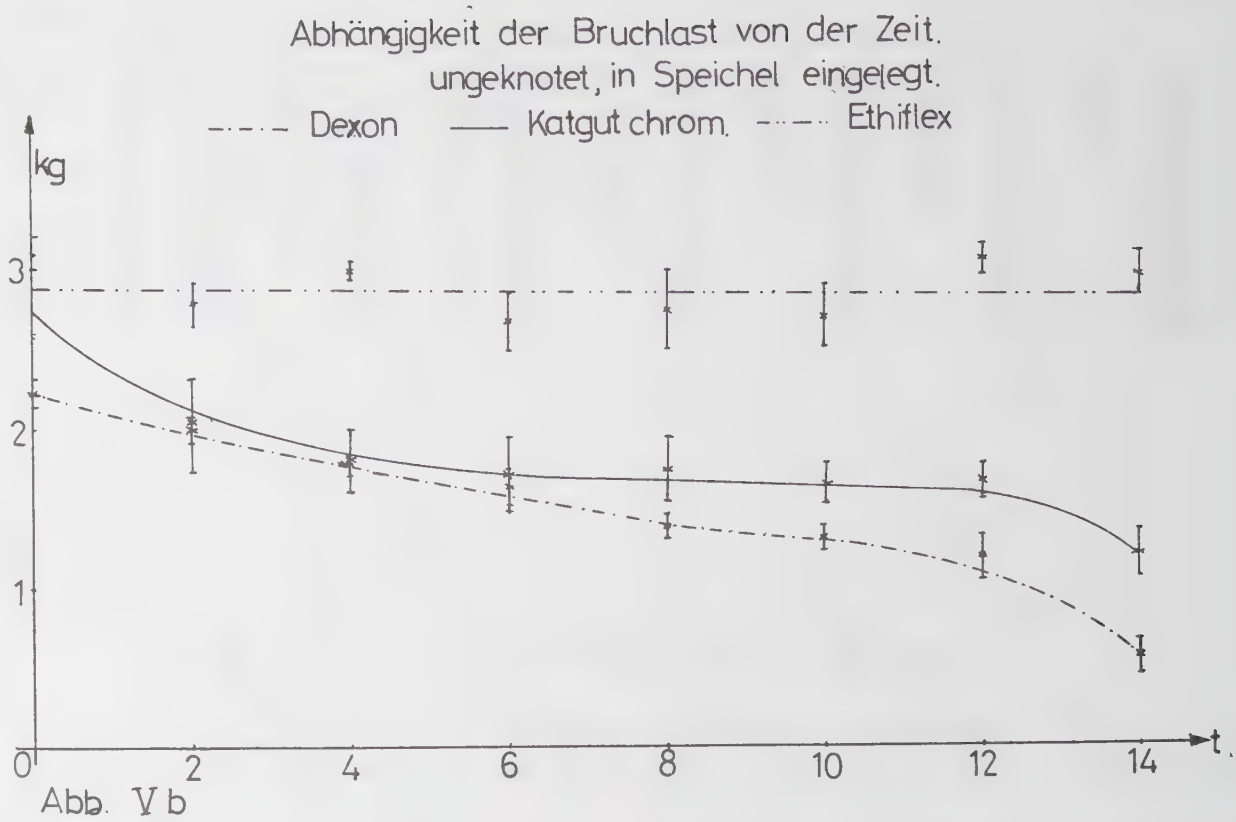

Abhängigkeit der Bruchlast von der Zeit.
ungeknotet, in Speichel eingelegt.
Dexon
Katgut chrom.
Ethiflex
kg
3
2
1
0
2
4
6
8
10
12
14
t

Abb. V b

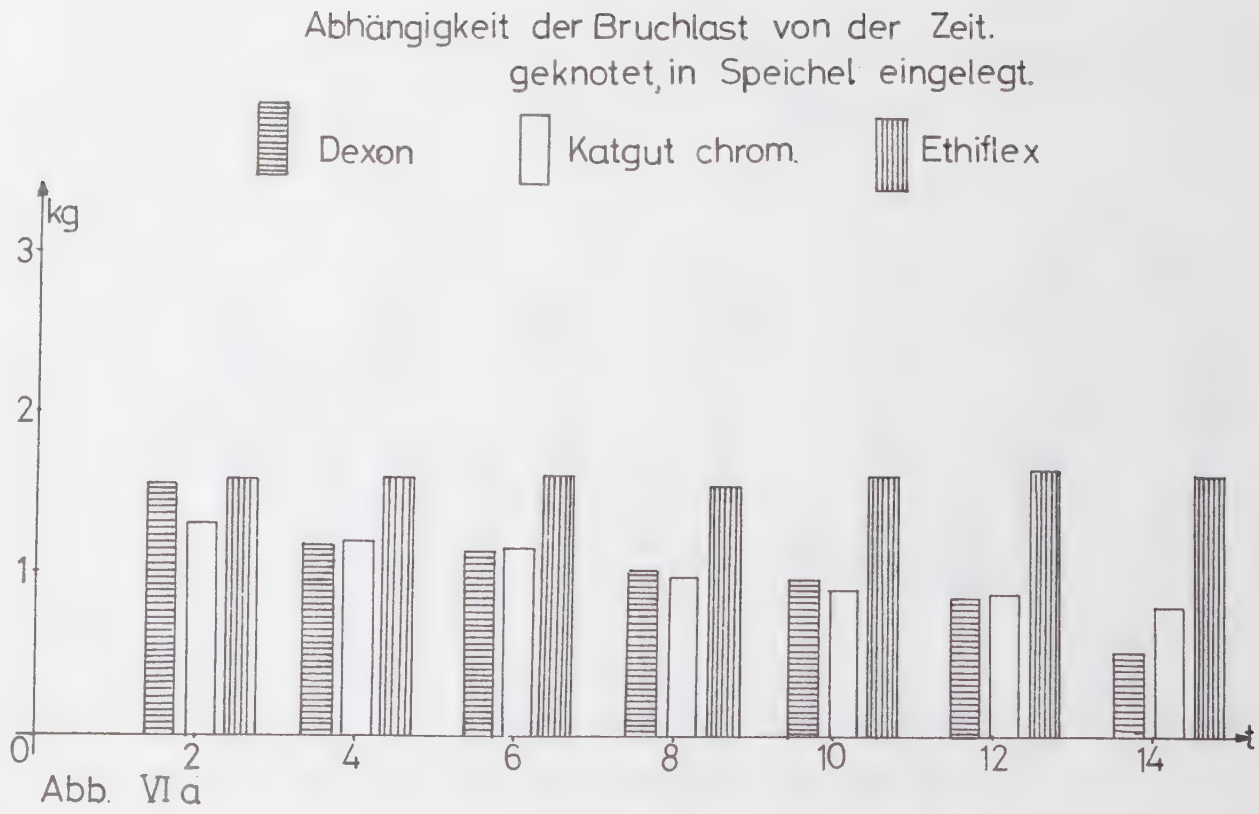

Abhängigkeit der Bruchlast von der Zeit.
geknotet, in Speichel eingelegt.
Dexon
Katgut chrom.
Ethiflex
kg
3
2
1
0
2
4
6
8
10
12
14
t

Abb. VI a

Abhängigkeit der Bruchlast von der Zeit.
geknotet, in Speichel eingelegt.

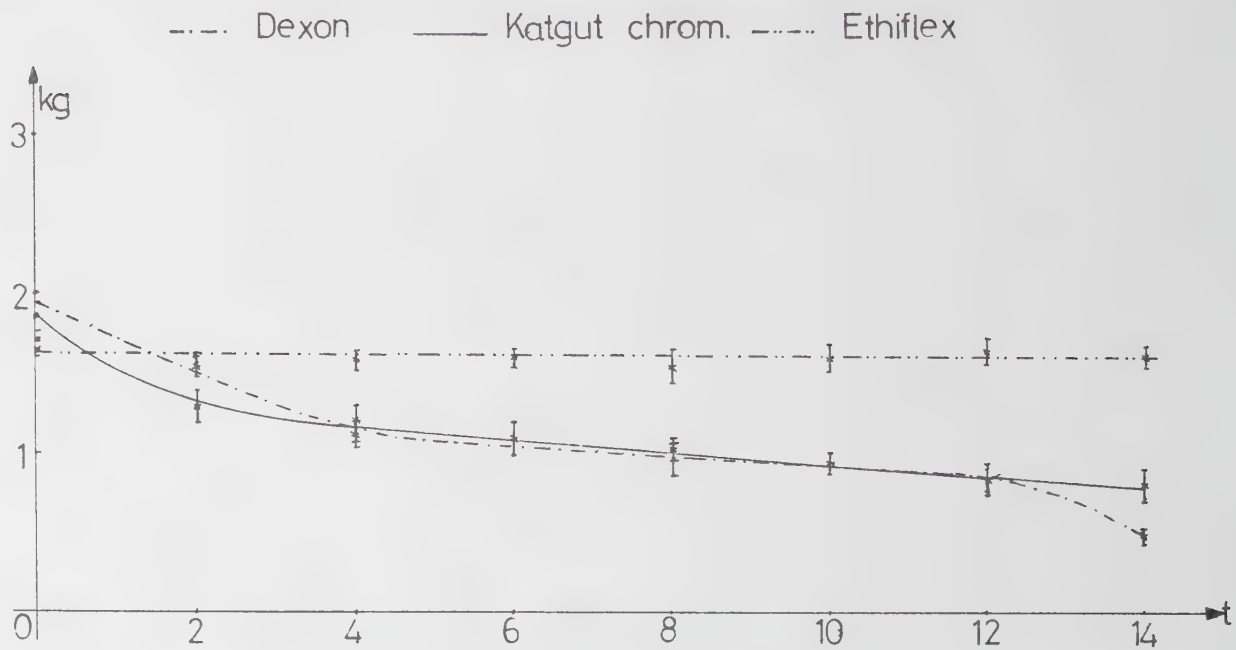


Abb. VI b

VI. Diskussion

Bei der Prüfung der Durchmesser wurde festgestellt, daß die gefundenen Meßwerte nicht mit den geforderten Normen des DAB 6 übereinstimmen. Das DAB 6 fordert für die Stärke 3-O o.19 mm-o.24 mm Durchmesser. Da die Bruchlast in Abhängigkeit zum Durchmesser steht, erhält man, bei einem angenommenen Mittel für den Durchmesser von o,22 mm, für die Bruchlast der trockenen ungedehnten Fäden für DEXON 1.83 kg, für KATGUT 1.66 kg und für ETHIFLEX 2,44 kg. Bei dieser Umrechnung sieht man, daß die große Festigkeit von KATGUT in den Reißversuchen durch den größeren Durchmesser bedingt ist. Alle drei Nahtmaterialien liegen mit ihren Durchmessern nicht in den vom DAB 6 für die Stärke 3-o geforderten Grenzen von o.19 mm bis o.24 mm sondern darüber.

Die Kapillarität (Dochtwirkung) wurde von uns dadurch gemessen, daß wir die Fäden unter gleicher Spannung in Tinte eintauchten und sie als direkte Beziehung zur Steighöhe der Tinte im Faden gemessen haben. Hier stellte sich heraus, daß trotz Angabe eines Herstellers, die Dochtwirkung sei aufgehoben, Dochtwirkung von nicht unbeträchtlichem Ausmaß auftrat. Bei DEXON lag die Steighöhe nach fünf Minuten bei 2.8 cm, für ETHIFLEX bei 2.2 cm. KATGUT kann man als einziges Material ansehen, bei dem keine Dochtwirkung auftritt. Durch geeignete Maßnahmen sollte dieser Mangel der geflochtenen Materialien noch beseitigt werden.

Wie aus der Themenstellung hervorgeht, interessiert sich die zahnärztliche Chirurgie dafür, wie sich ein Faden in der Mundhöhle verhält. Durch unseren Tierversuch wurde festgestellt, daß DEXON und KATGUT nicht uneingeschränkt für die Mundhöhle tauglich sind. KATGUT war nur 4 Tage in der Mundhöhle vorhanden, DEXON 8 Tage. Daraus ergibt sich, daß mit diesen Materialien kein sicherer Wundverschluß bis zur ausreichenden Festigkeit der Wunde möglich ist. ETHIFLEX, als nichtresorbierbares Material ist weiterhin nach diesen Erkenntnissen in der Mundhöhle den Vorzug zu geben. Rein äußerlich ist festzustellen, daß DEXON geringere Reaktionen im Gewebe auslöst als KATGUT (Tabelle III). Die Fibrinbeläge waren etwa gleich stark wie die von ETHIFLEX. WALLACE (38)

schreibt, daß bei DEXON geringe oder keine Erytheme um den Faden seien. Bei histologischen Untersuchungen stellte er fest, daß im Vergleich zu Seide, Plain- und ChromKATGUT, DEXON weitaus geringere Gewebsreaktionen verursachte. Bei den Infiltraten der PGS-Fäden handelt es sich mehr um Lymphocyten als um polymorphkernige Leukocyten. Bei KATGUT waren die Entzündungserscheinungen immer von polymorphkernigen Leukocyten begleitet (20). Ebenso waren akute Gewebsreaktionen bei KATGUT in der Resorptionsphase stärker (2). Auch ANSCOMBE (1) bewertet die Gewebsreaktionen bei DEXON als gering im Vergleich zu KATGUT und Seide. Auch für ETHIFLEX liegen günstige histologische Ergebnisse vor (4.15 c). LAUFMANN (24) vergleicht die Unterschiede in der Resorption der PGS-Faden und von KATGUT:

	PGS	KATGUT
Mechanismus	Hydrolyse	Proteolyse
Charakteristische Zelltypen	Fremdkörper-riesenzellen	Makrophagen
Gewebsreaktion	schwach	stark
Ödembildung	minimal	stark
Exsudat	wenig Lymphocyten	zahlreiche Lymphocyten
Fibroblasten-aktivität	mäßig	ausgeprägt unter Kapselbildung
Endergebnis	unauffälliges Bild	Makrophagenhüllen Bleibende Narben

Allgemein wurde festgestellt, daß PGS Fäden in bezug auf die Gewebsreaktionen weitaus besser zu beurteilen sind als das ebenfalls resorbierbare KATGUT. Als nichtresorbierbarer Faden hat ETHIFLEX eine ausgezeichnete Gewebsverträglichkeit (34). LILLY et al. (26a,b,c) berichten in ihren Untersuchungen sogar, daß monofile und multifile resorbierbare Fäden aus PGS geringere Reaktionen erzeugten als multifile nichtresorbierbare Fäden. Antibiotische Zusätze führten zu stärkeren Gewebsreaktionen. Die geringsten Reaktionen zeigen Stahldraht und Nylonfäden in monofiler Ausführung.

Die in Speichel eingelegten Fäden wurden von uns 2,4,6... bis 14 Tage nach dem Einlegen geprüft. Es wurde angenommen, daß Speichel ein Nachlassen der Bruchlast mit sich bringt. Auffallend an den durchnässten Proben war der Unterschied zwischen trockenem und feuchtem KATGUT. Trocken fühlt sich der KATGUTfaden steif, fast drahtig an. In feuchtem Zustand ist der Faden geschmeidig. Nach 24 Stunden ist er stark gequollen. PENSHORN (33) und BEYER (5) geben an, daß KATGUT nach 24 Stunden das Maximum an Quellung erreicht hat, und in den ersten 6 Stunden der Quellungsvorgang am stärksten ist. Besonders an den Knoten fiel die Quellung auf, die wie gelockert aussahen. Jedoch ging keiner der 60 Knoten bei den Reißversuchen auf. Fadenstümpfe von 5 mm Länge haben bei KATGUT für den sicheren Knotenhalt durchaus eine Berechtigung, obwohl, um stärkere Gewebsreaktionen zu vermeiden, nur das nötigste an Material in der Wunde belassen werden sollte. Durch die starke Quellung zeigt sich gleichzeitig eine Längenkontraktion, die zu kurze Fadenenden in den Knoten schlüpfen läßt. PENSHORN (33) meint, daß Fadenstümpfe mit einer Länge von 10 mm überflüßig sind, jedoch bis auf 3 mm abgeschnittene Fadenenden die Knotenhaltbarkeit wesentlich herabsetzen.

Bei DEXON fühlt sich der Faden im trockenen und nassem Zustand rauh an, was auch beim Lauf des Fadens beim Knüpfen bemerkt wird. In der Handhabung ist bei ETHIFLEX zwischen trockenem und feuchtem Zustand kein Unterschied festzustellen. ETHIFLEX neigt in keiner Weise zur Quellung. Im trockenen Zustand haben die geknoteten und ungeknoteten Fäden genügend Reißfestigkeit (Abb. IV). Bei den in Speichel eingelegten Fäden ist die Abnahme der Bruchlast des ungeknoteten Nahtmaterials deutlich aus der Kurve zu sehen. Erstaunlich ist die Abnahme der Bruchlast bei DEXON zwischen dem 12. und 14. Tag, wo die Bruchlast von 1.19 $\pm$ o.15 kg am 12. Tag auf o.56 $\pm$ o.12 kg am 14. Tag absinkt. In ähnlicher Weise verhält sich KATGUT, das ebenfalls stark an Bruchlast verliert, und zwar von 1.67 $\pm$ o.o9 kg am 12. Tag auf 1.20 $\pm$ o.15 kg am 14.ten Tag. Bei den geknoteten, in Speichel eingelegten Fäden ist in diesem Zeitraum ebenfalls eine deutliche Abnahme zu verzeichnen und zwar bei DEXON von

o.86 ± o.o5 kg am 12. Tag auf o.49 ± o.o3 kg am 14. Tag. Bei KATGUT war der Abfall bei den geknoteten Fäden in diesem Zeitpunkt linear. Auf welche Ursachen der starke Abfall zwischen dem 12. und 14. Tag zurückzuführen ist, konnte nicht geklärt werden.

Bei ETHIFLEX war bei den ganzen Reißversuchen kein Einfluß des Speichels auf eine Veränderung der Bruchlast festzustellen. Auch MILN (26) gibt an, daß PGS Fäden in der Mundhöhle nur 14 Tage gehalten hätten. Aus den Reißversuchen, der in Speichel eingelegten Fäden ist zu erkennen, daß DEXON und KATGUT sehr stark durch den Speichel beeinflußt werden und an Bruchlast verlieren. Man sieht sogar der Abb. V, daß die Kurve von KATGUT über der von DEXON liegt, das heißt aber, daß DEXON noch stärker an Bruchlast verliert als KATGUT. Wir meinen, daß sowohl DEXON als auch KATGUT, durch die Ergebnisse dieser Arbeit belegt, nicht uneingeschränkt in der Zahn-Mund-und Kieferheilkunde Anwendung finden können. DEXON hat zwar gegenüber KATGUT DEN Vorteil, geringere Gewebereaktionen auszulösen, hat aber genauso den Nachteil, durch Speichel frühzeitig an Bruchlast zu verlieren.

Nach wie vor, betrachtet man die Ergebnisse, ist ETHIFLEX das Nahtmaterial der Wahl, wenn in der Mundhöhle ein sicherer Wundverschluß ohne zeitliche Begrenzung erreicht werden soll. Der Nachteil der späteren Nahtentfernung wird durch den Vorteil einer absolut sicheren Naht ausgeglichen. Mit den PGS-Fäden ist das ideale resorbierbare Nahtmaterial für alle chirurgischen Zwecke noch nicht gefunden worden, man ist aber sicherlich einige Schritte weiter zum idealen resorbierbaren Material vorgedrungen. DEXON wird sicherlich KATGUT langsam verdrängen. In der Mundchirurgie werden wir weiterhin bei den nichtresorbierbaren Fäden bleiben müssen.

VII. Zusammenfassung

1. Bei der Dickenmessung wurde festgestellt, daß der Durchmesser der geprüften Materialien DEXON, KATGUT chrom. und ETHIFLEX der Stärke 3-0 nicht dem vom DAB 6 geforderten Durchmesser entsprachen, sondern darüber lagen.

2. Bei den Versuchen zur Kapillarität wurde festgestellt, daß DEXON und ETHIFLEX eine große Saugwirkung besitzen, KATGUT dagegen nicht.

3. Im Tierversuch waren DEXON am 14. Tag p.o. und KATGUT 4 Tage p.o. aus der Mundhöhle der Kaninchen verschwunden. ETHIFLEX dagegen war bis zum längsten Beobachtungszeitpunkt (14 Tage) vorhanden.

4. Im Zugversuch mit den in Speichel eingelegten Fäden, geknotet und ungeknotet, verlor DEXON mehr an Bruchlast nach 14 Tagen als KATGUT. ETHIFLEX wurde durch den Speichel nicht beeinflußt.

Literaturverzeichnis

1. ANSCOMBE, A.R.: Clinical Experience with PGA Sutures. Report of the proceedings of the Symposium Royal College of Surgeons June 1970. Davis & Geck (1971) 43-50.

2. ANSCOMBE, A.R., HIRA, N., HUNT, B. The Use of a New Absorbable Suture Material (Polyglycolic acid) in General Surgery. Brit.J.Surg.57 (1970) 917-920.

3. BEAL, J.M. Experimental Studies with PGA Sutures. Report of the proceedings of the Symposium Royal College of Surgeons June 1970. Davis & Geck (1971) 22-29.

4. BERNASCHECK, W. Polyesternetze bei der operativen Versorgung von Hernien der vorderen Bauchwand.Münch.Med.Wschr.1o4 (1962) 2302-2303.

5. BEYER, G. Physikalisch-technische Untersuchung über chirurgisches Nahtmaterial. Chirurg 2o, (1949) 52 - 58.

6. BLOCK, W. Zur Pathophysiologie der chirurgischen Naht. Klin.Medizin 18. Jahrg. Heft 1 (1963) 1O-25.

7. BRAUN, B. Therapeutische Hilfsmittel. Sonderdruck aus Ullmanns Encyklopädie d.techn.Chemie. 3.Aufl. 17. Band (1966) 317-321).

8. BRAUN, B., SPEYER, F., MARGOTTE, E. Wissenswertes über das chirurgische Nahtmaterial.Mels.Med. Pharm.Mitteilungen Heft 4. (1956)

9. BRONNER, J. Entzündlicher Bauchdeckentumor und Katgutallergie. Münch.Med. Wschr.33 (1939) 1291.

10. CAVALLI-SFORZA, L. Biometrie Gustav Fischer Verlag Stuttgart 1972.

11. CERVANTES, M.A. Suturas sinteticas absorbibles en aparato genitourinario. Revista Mexicana de Urologica Vol XXIX (1969) Num. 4 295-304.

12. CUTRIGHT, D.E.
BEASLEY, J.D.
PEREZ, B. Histologic comparison of polylactic and polyglycolic acid Suture. Oral Surg.Med.Path. 32 (1971) 165.

13. DIN 5122o Werkstoffprüfmaschinen
51221 Zugprüfmaschinen
53815 Begriffe für den einfachen Zugversuch
53816 Einfacher Zugversuch an einzelnen Fasern
53842 Knoten-Zugversuch an Garnen und Zwirnen
53834 Zugversuch an Garnen und Zwirnen.

14. ECHEVERRIA, E.
JIMENEZ, J. Evaluation of an Absorbable Synthetic Suture Material, Surgery 131. (1970) 1-14.

15a. ETHICON Chirurgische Knotentechnik Ethicon GmbH (1971).

15b. ETHICON Chirurgische Nahtmaterial Ethicon GmbH (1965) 5. Auflage

15c. ETHICON Mersilene Chirurgisches Nahtmaterial aus Polyesterfiber. Ethicon GmbH.

16. FRAZZA, E.J. — Discovery and Development of PGA Sutures. Report of the proceedings of the Symposium Royal College of Surgeons June 197o. Davix & Geck (1971) 11-22.

17. GEISSENDÖRFER, H. — Stellt Carnofil einen vollwertigen KATGUT-Ersatz dar? Bruns Beitr. Klin.Chir.165 (1937) 251.

18. HELLER, E.J. — Vergleichende Reissfestigkeitsuntersuchungen mit und ohne Nahtmaterial. Diss.Marburg (1972).

19. HERRMANN, L. — Fragen des chirurgischen Nahtmaterials Zbl.Chir. 87 (1962) 562-563.

20. HERRMANN, J.B. KELLY, R.J. HIGGINS, G.A. — Polyglycolic Acid Sutures Arch.Surg.loo (197o) 485-49o.

21. HERWICK, R.P. — Mersilener, A Superior Nonabsorbable Suture Material. Ethicon.

22. HUDEMANN, H. — Chirurgisches Nahtmaterial Eigenschaften, Sterilität und deren Prüfung. VEB G. Fischer Verlag Jena (1959).

23. KÖHLER, A. — Geschichtliches über unser Nahtmaterial. Dtsch.med.Wschr.27. (19o1) 236-237.

24. LAUFMAN, H. et. al. — Clinical Use of Polyglycolic Acid Polymer, a New Absorbable Synthetic Suture. Am.J.Surg. 121 (1971) 656-66o.

25. LILLY, G.E.
OSBON, D.B.
HUTCHINSON, R.A.
HEFLICH, R.H.
Clinical an bacteriological aspects of polyglycolic acid suture materials. J. Oral Surgery 31 (1973) 103-105.

26a. LILLY, G.E.
ARMSTRONG, J.H.
SALEM, J.L.
CUTCHER, J.L.
Reaction of oral tissues to suture materials. J. Oral Surg. 26 (1968) 592.

26b. LILLY, G.E. et al.
Reaction of oral tissues to suture materials III. Oral Surg. Med. Path. 28 (1969) 432.

26c. LILLY, G.E. et al.
Reaction of oral tissues to suture materials. Oral Surg. 33 (1972) 152.

27. MILN, D.C.
PGA Sutures in Abdominal Surgery. Report of the proceedings of the Symposium Royal College of Surgeons June 197o. Davis & Geck (1971) 56-6o.

28. NARAT, J.K.
GANGLEOSI, J.P.
BELMONTE, J.V.
Evolution of Dacron Sture Material for General Surgery. Surgical Forum (1957) Vol. XIII 176-177.

29. NOCKEMANN, P.F.
Die chirurgische Naht. G. Thieme Verlag Stuttgart (1968)

30. OCHSNER, A.
History of Suture Material. Report of the proceedings of the Symposium Royal College of Surgeons June 197O. Davis & Geck (1971) 5O-56.

31. OLERUD, S. — Vascular Reaction to PGA Sutures. Report of the proceedings of the Symposium Royal College of Surgeons June 1970. Davis & Geck (1971). 29-31.

32. OSTERNDORFF, K.J. — Polyglycolic acid (PGA) ein neues synthetisches und resorbierbares Nahtmaterial. Med. Diss. (1971) Hannover

33. PENSHORN, D. — Prüfung von Nahtmaterialien und chirurg. Knoten in mechanisch und mechanisch-chemischen Versuchen. Der Chirurg 38 (1967) 553-557.

34. POSTLETHWAIT, R.W. et al. — Tissue Reaction to Blood Vessel Sutures. Am Surg. 28 (1962) 799-801

35. SANDBLOM, Ph. — Wundheilungsprobleme mit Reißfestigkeitsmethoden untersucht. Langenbeck's Arch.Klin.Chir. 287 (1957) 469-480.

36. TAKITA, H. — Polyglycolic Acid Suture in Thoracic Surgery. New York State J. of Med. 70 (1970) 2991-2992.

37. UNGER, G. — Untersuchung zur Antikörperbildung nach Katgut Applikation. Zbl. Chir. 95 (1970) 290-292.

38. WALLACE, R. MAXWELL, G.R. CAVALARIS, C.J. — Comparison of Polyglycolic Acid Suture to Black Silk, Chromic and Plain Catgut in Human Oral Tissues. J. Oral surg. Vol. 28 (1970) 739-746.

39. ZILCH, H. Ein neues absorbierbares synthtisches Nahtmaterial. Sonderdruck aus 'Die Schwester' Heft 5 (1971) 34-36.

Lebenslauf

Am 13. Mai 1947 wurde ich, Horst Zimmermann, als drittes Kind des Rektors Josef Zimmermann und seiner Ehefrau Helene geb. Weiger in Künzelsau geboren.

Nach dem Besuch von vier Klassen Grundschule wechselte ich 1958 in das Albert-Schweitzer-Gymnasium in Neckarsulm über. Hier legte ich 1967 das Abitur ab. Im Herbst des gleichen Jahres wurde ich zur Ableistung meiner Wehrpflicht zur Bundeswehr einberufen. Im Frühjahr 1968 bekam ich eine Zulassung zum Studium der Zahnmedizin in Tübingen und wurde daraufhin von der Bundeswehr freigestellt. 1969 bestand ich das Vorphysikum und 1971 das Physikum. Nach 5 Semestern klinischen Studiums begann ich im Juli 1973 mit dem Staatsexamen, beendete es am 11.12.1973 und erhielt die Approbation als Zahnarzt. Bis zu meiner Wiedereinberufung zur Bundeswehr zum 1. Juli 1974 arbeitete ich an meiner Dissertation.